



Nyugat-magyarországi Egyetem Erdőmérnöki Kar

Kari Tudományos Konferencia 2013. december 10.

Megnevezés	Helyszín	Időpont
Plenáris ülés	P-épület nagy előadó	10 ⁰⁰ - 12 ⁰⁰
Poszter szekció	P-épület	12 ¹⁵ - 13 ⁰⁰
Zoológia, vadgazdálkodási szekció	P-épület, nagy előadóterem	13 ⁰⁰ - 15 ³⁰
Botanikai szekció	P-épület, földszint, 3-as tanterem	13 ⁰⁰ - 13 ⁴⁵
Termőhelyismerettani szekció	P-épület, földszint, 3-as tanterem	14 ⁰⁰ - 15 ⁴⁵
Erdőgazdálkodási szekció	P-épület, földszint, 10-es tanterem	13 ⁰⁰ - 15 ³⁰
Környezettudományi szekció	P-épület, földszint, 2-es tanterem	13 ⁰⁰ - 15 ⁰⁰
Zoológia, erdővédelmi szekció	P-épület, I. emelet, 11-es terem	13 ⁰⁰ - 14 ³⁰
Műszaki-geoinformatikai szekció	P-épület, I. emelet, 11-es terem	14 ³⁰ - 16 ¹⁵

Helyszín: P-épület nagy előadó

Levezető elnök: Prof. dr. Lakatos Ferenc egyetemi tanár, dékán

Plenáris ülés

10⁰⁰ – Köszöntés Lakatos Ferenc dékán

10²⁰ - Czímber Kornél: Döntéstámogatást segítő geoinformatikai rendszer fejlesztése a klímaváltozás hatáselemzéséhez

10⁴⁰ - Bidló András, Gálos Borbála: Változó termőhely - változatlan erdők?

11⁰⁰ - Frank Norbert, Veperdi Gábor, Schiberna Endre, Gál János: Erdőnevelési modelltablák alkalmazása: múlt és jövő

11²⁰ - Czupy Imre, Horváth Béla, Vágvolgyi Andrea: Energetikai faültetvény-technológiák energiamérlege

11⁴⁰ - Jánoska Ferenc: Nagyvad kerítés mögött: jövő, vagy zsákutca?

Környezettudományi szekció

Levezető elnök: Prof. dr. Albert Levente egyetemi tanár

Helyszín: P-épület, földszint, 2-es tanterem

Előadások:

- 13⁰⁰ - Németh Zsolt István: Az állapotfüggő és a súlyponti korrelációk kapcsolata biológiai rendszerekben
- 13¹⁵ - Eredics Attila, Németh Zsolt István, Rákosa Rita, Badáczy Dorottya, Rasztoivits Ervin, Móricz Norbert, Vig Péter: Erdei fák fiziológiai regressziói és a meteorológiai paraméterek közötti korrelációk időfüggése
- 13³⁰ - Herke Zoltán, Cserny Tibor, Magyar Balázs, Németh Zsolt István: Inhibíciós és aktiválási mechanizmusok érzékelési lehetőségei biokatalitikus kármentesítések alkalmazása során
- 13⁴⁵ - Rákosa Rita, Németh Zsolt István: Korrelációk a lombzat UV-VIS fényelnyelési spektrumában
- 14⁰⁰ - Tóth András József, Mizsey Péter: Metanol tartalmú technológiai hulladékvizek kezelése
- 14¹⁵ - Kisvárdai Melinda, Kováts-Németh Mária: A hulladék alprojekt a fenntarthatóságért
- 14³⁰ - Rétfalvi Tamás, Tukacs-Hájos Annamária: Különböző mikroalga törzsek anaerob fermentációs vizsgálata
- 14⁴⁵ - Horváth-Szováti Erika: A főkomponens-analízis és faktoranalízis alkalmazhatósága erdészeti és környezettudományi kutatásokban

Posztterek:

- Elekné Fodor Veronika, Pájer József: Környezeti információs rendszerek alkalmazása a környezeti hatásvizsgálatok során
- Hofmann Tamás, Albert Levente: Polifenolok mennyiségi meghatározása bükk (*Fagus sylvatica* L.) levélben HPLC-MS/MS eljárással
- Hofmann Tamás, Nebehaj Esztella: Falevelek totálfenol tartalmának és antioxidáns értékének meghatározása különböző fafajok esetében
- Pécsinger Judit, Polgár András, Pintérné Nagy Edit, Elekné Fodor Veronika: Földhasználat környezetvédelmi elemzése a klímaváltozás tükrében
- Szűcs Péter: Győr–Csorna vasúti pályaszakasz környezeti állapotfelmérése terepbejárás alapján
- Visiné Rajczi Eszter, Hofmann Tamás, Albert Levente: Különböző származású bükk (*Fagus sylvatica* L.) egyedek levél extraktanyagainak összehasonlító vizsgálata

Műszaki-geoinformatikai szekció

Levezető elnök: dr. Péterfalvi József egyetemi docens

Helyszín: P-épület, I. emelet, 11-es terem

Előadások:

- 14³⁰ - Palócz-Andresen Mihály, Varga Tünde: Interaktív nemzetközi oktatási-tudományos könyv megalkotása a környezet- és a klímavédelem terén
- 14⁴⁵ - Brolly Gábor, Király Géza, Eredics Attila: Erdei talajfelszín megvilágításának térképezése lézeres letapogatás alapján
- 15⁰⁰ - Király Géza, Brolly Gábor: Faállomány-jellemzők légi lézeres letapogatás alapján történő meghatározása a szigetköz példáján keresztül
- 15¹⁵ - Facskó Ferenc: Az erdőgazdaságok informatikai ellátottságának szintje és a fejlesztések mérlege

METANOL TARTALMÚ TECHNOLOGIAI HULLADÉKVIZEK KEZELÉSE

TÓTH ANDRÁS JÓZSEF¹, MIZSEY PÉTER^{1,2}

1: Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar, Kémiai és Környezeti Folyamatmérnöki Tanszék, Budapest
andras86@kkft.bme.hu

2: Pannon Egyetem, Műszaki Informatikai Kar, Műszaki Kémiai Kutatóintézet, Veszprém
mizsey@mail.bme.hu

Bevezetés

A munka egy gyógyszeriparban keletkező alacsony metanol tartalmú technológiai hulladékvíz organofil pervaporációval történő kezelését mutatja be. Pervaporáció esetén a komponenseknek a membrán aktív rétegében való oldhatósága és diffúzivitása határozza meg az elválasztást (oldódás-diffúziós modell). Organofil pervaporációval eltávolítható a kis mennyiségű illékony szerves anyag (Volatile Organic Compound, VOC) a vízből. A tanulmányban két különböző transzportmodell illeszkedését vizsgáltuk két membrántípussal (Sulzer PERVAP™ 4060 és 2211) végzett pervaporációs kísérletek alapján. A modelleket folyamat szimulációs szoftverbe programozva pervaporációs berendezést terveztünk. Az eredményeket összehasonlítottuk a desztillációval történő elválasztással is. A tervezéshez a ChemCAD és a Statistica programokat használtuk.

Vizsgálati módszerek

A pervaporációs membrán szeparáció ipari alkalmazása egyre inkább terjed az utóbbi évtizedekben, köszönhetően a hagyományos elválasztási technikákhoz (desztilláció, adszorpció, stb.) mérten kisebb energiafelhasználásának, magas szelektivitás biztosítása mellett (BAKER, 2004; RAUTENBACH *et al.* 1990). A folyadék elegyek elválasztásán belül egyik legfőbb alkalmazási területe a különböző azeotropot képező vizes oldószer elegyek vízmentesítése (VAN BAELEN *et al.* 2005, KOCZKA *et al.* 2007, TÓTH *et al.* 2011). Az elválasztás extra komponens hozzáadása nélkül elvégezhető, a kinyert oldószer és víz újrahasznosítható, így elmondható hogy a pervaporáció környezetkímélő eljárás.

Bonyolult elválasztási problémák esetén nagyobb hatékonysággal alkalmazható más, hagyományos elválasztási módszerekhez csatoltan, ún. hibrid szeparációs eljárás (LIPNIZKI *et al.* 1999). Ezáltal jobb termékminőség valósítható meg alacsonyabb költségek és energiafelhasználás mellett, a fenntartható fejlődés céljainak megfelelően.

Ilyen hibrid elválasztási folyamatok tervezéséhez és optimalizálásához elengedhetetlen eszköz a megfelelő számítógépes modellezés, melyhez a folyamatokat minél jobban leíró modellekre van szükség (MARRIOTT és SORENSSEN, 2008; VALENTÍNYI *et al.* 2012; VALENTÍNYI *et al.* 2013).

Az irodalmakban fellelhető pervaporációs modellek közül munkánk során Rautenbach oldódás-diffúziós modelljét vettük alapul. A modell a pervaporáció folyamatát a következő lépésekben definiálja (RAUTENBACH *et al.* 1990):

- a célkomponens adszorpciója a membrán szelektív rétegében,
- a komponens diffúziója a membrán anyagán keresztül,
- a célkomponens deszorpciója a gőzoldalon.

A modell szerint a folyamat hajtóereje a kémiai potenciálkülönbség a membrán két oldala között, mely koncentráció-különbségre egyszerűsíthető a membránon belül állandó

nyomásérték feltételezésével. A modell alkalmazható kétrétegű kompozit membránokra, ez esetben a porózus támasztórétegben a nyomáskülönbség elhanyagolható.

A fluxus a következőképp fejezhető ki a modell szerint:

$$J_i = \frac{1}{1 + \left(\frac{\overline{D}_i}{Q_0 \cdot p_{i0} \cdot \gamma_i} \right)} \cdot \frac{\overline{D}_i}{\gamma_i} \left(\frac{p_{i1} - p_{i3}}{p_{i0}} \right), i=(1,...,k)$$

Ahol p_{i1} és p_{i3} i komponens nyomása a betáplálási és a permeát oldalon (bar), p_{i0} a tiszta i komponens tenziója, Q_0 a porózus támasztórétegre vonatkozó permeabilitási tényező (kmol/m²hbar), γ_i közepes aktivitási koeficiens (-), \overline{D}_i pedig a transzportkoeficiens (kmol/m²h), melynek koncentrációfüggését Rautenbach elhanyagolhatónak feltételezte. Az aktivitási koeficiens különböző modellekkel határozható meg, pl. UNIQUAC, Wilson. Ezt a modellt (továbbiakban Modell I) alkalmazva különböző alkoholok vízmentesítésére megfigyelhető, hogy bár alacsony betáplálási szerves anyag, illetve vízkoncentrációknál a számított fluxusok jó egyezést mutatnak a kísérleti eredményekkel, magasabb kezdeti célkomponens tartalmak esetében jelentősen különböztek a mért és számított értékek (CSÉFALVAY *et al.* 2008). Tekintetbe véve, hogy az iparban magasabb kiindulási koncentrációk is előfordulhatnak, a meglévő modell fejlesztése vált szükségessé.

Munkánk során Rautenbach modelljét kiegészítettük egy exponenciális faktorról (B), mely tartalmazza az i komponens betáplálási koncentrációját (Modell II).

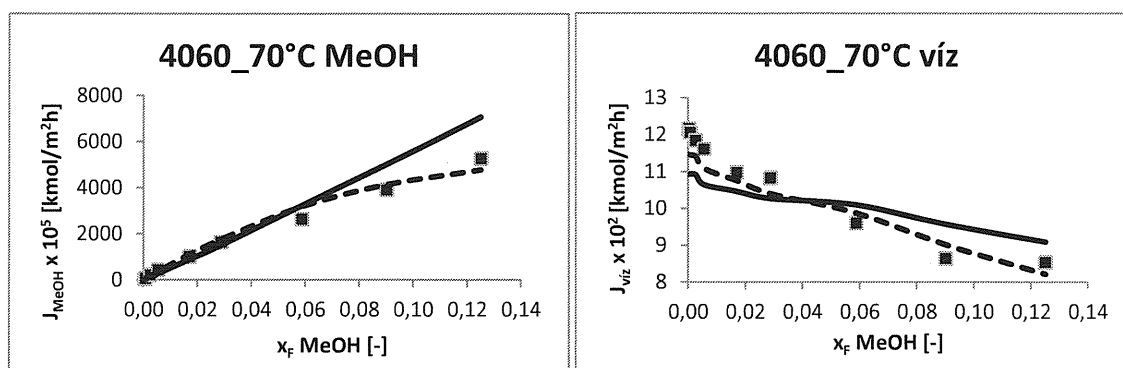
$$J_i = \frac{1}{1 + \left\{ \frac{[\overline{D}_i \cdot \exp(B \cdot x_{i1})]}{Q_0 \cdot p_{i0} \cdot \gamma_i} \right\}} \cdot \frac{[\overline{D}_i \cdot \exp(B \cdot x_{i1})]}{\gamma_i} \cdot \left(\frac{p_{i1} - p_{i3}}{p_{i0}} \right), i=(1,...,k)$$

Mivel mind a két modell félempirikus, az adott elegyre és az adott membrán anyagára vonatkozó megbízható kísérleti eredmények szükségesek a különböző paraméterek meghatározásához. A Q_0 , \overline{D}_i , E_i és B paramétereket Statistica programmal végzett paraméterillesztéssel kaptuk meg.

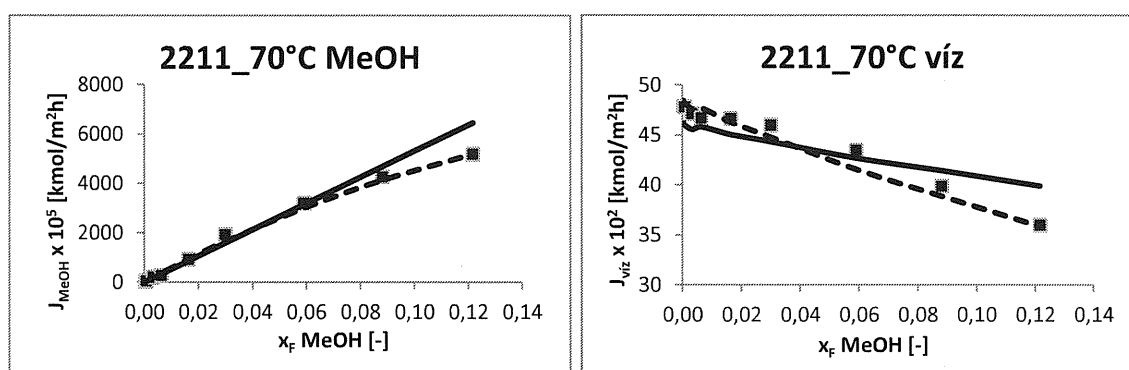
A modellezéshez szükséges kísérleteket metanol-víz elegyen végeztük, a SULZER cég által gyártott PERVAP™ 4060-as és 2211-es kereskedelmi forgalomban kapható organofil kompozit lapmembránokon. A méréseket CM Celfa Membrantechnik AG P-28 típusú membránszűrő berendezésen hajtottuk végre, melynek hasznos felülete 28 cm². A permeát oldalon az állandó 2 torr vákuumot VACUUMBRAND PC2003 VARIO típusú vákuumszivattyúval biztosítottuk. A méréseket izoterm körülmények között végeztük három különböző hőmérsékleten (50, 60, 70°C). Az 500 ml térfogatú betáplálási elegyek 0,05-20 m/m% metanolt tartalmaztak. A permeátumot folyékony nitrogén hűtésű csapdáknál gyűjtöttük, az összetételeket Shimadzu gázkromatográffal elemeztük.

Eredmények

Az 1-4. ábrákon láthatóak a mért és a kétféle modellel modellezett parciális fluxusok összehasonlítása 70°C hőmérsékleten. Látható, hogy míg alacsonyabb alkoholtartalom esetén a Modell I szerint modellezett fluxusok jól közelítik a mért értékeket, addig magasabb koncentrációnál jelentős eltérés tapasztalható. A Rautenbach-féle modellt kiegészítve az exponenciális tényezővel (Modell II) jó egyezés tapasztalható a mért és számított értékek között magasabb kezdeti metanol tartalomnál is.



1-2. ábra: A mért (■) és modellezett (Modell I: —, Modell II: - - -) MeOH, illetve víz parciális fluxusok a betáplálási MeOH-tartalom (moltört) függvényében a PERVAP™ 4060-as membránnál



3-4. ábra: A mért (■) és modellezett (Modell I: —, Modell II: - - -) MeOH, illetve víz parciális fluxusok a betáplálási MeOH-tartalom (moltört) függvényében a PERVAP™ 2211-es membránnál

Az 1. táblázatban az összes hőmérsékleten mért és számított parciális fluxusok relatív különbségének négyzetösszege szerepel. A Modell II-nél kisebbek az értékek, tehát ez a modell illeszkedik jobban a kísérleti eredményekre.

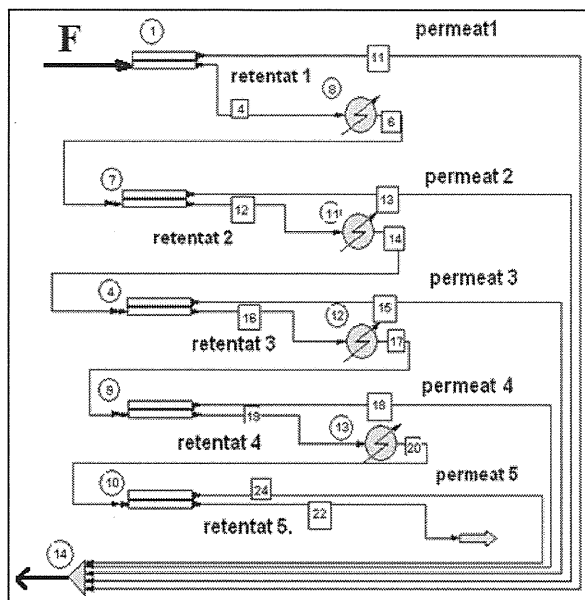
1. táblázat: Célfüggvények

	4060		2211	
	CF_Víz	CF_MeOH	CF_Víz	CF_MeOH
Modell I	0,17	2,10	0,09	0,89
Modell II	0,11	0,87	0,01	0,48

A kiegészített modell jobb illeszkedésének oka valószínűsíthetően a transzport koefficiens koncentrációfüggésében rejlik. A Fick-féle diffúziós koefficiensről köztudott, hogy erősen koncentrációfüggő, számos irodalomban található exponenciális összefüggés a diffúziós koefficiens és a kiindulási koncentráció között (SHELDEN és THOMPSON 1984). Rautenbach szerint a transzport koefficiens ezzel szemben elhanyagolható mértékben függ a kezdeti koncentrációtól. Az általunk végzett laboratóriumi mérések eredményei arra engednek következtetni, hogy a transzport koefficiens is koncentrációfüggő.

Ezután a ChemCAD szoftverbe beprogramoztuk a modelleket és lefuttattuk a kísérleti beállításokat. A Modell I-nél 6%, a II-nél 3% volt az eltérés. Következő lépésként ipari adatok felhasználásával (500-20000 ppm MeOH, 4170 kg/h) izoterm, majd ezt követően adiabatikus körülményeket feltételező pervaporációs berendezést terveztünk. Számításaink szerint a MeOH-szennyezés 1 ppm-re való csökkentéséhez 500 m² nagyságú

membránfelület szükséges (5. ábra). Ezt a feladatot egy hőintegrált, 10 elméleti tányérszámú 2-es refluxal üzemelő, folyamatos üzemű desztilláló oszlop tudja teljesíteni.



5. ábra: Pervaporáció modellezése adiabatikus körülmények feltételezésével

Összefoglalás

Munkánk során a Rautenbach-féle oldódás-diffúziós pervaporációs modell fejlesztését és laboratóriumi mérési eredményeken alapuló ellenőrzését végeztük el. Az általunk továbbfejlesztett modell jól illeszkedik a mért fluxus értékekre. Ezt a transzportkoefficiens Rautenbach által elhanyagolhatónak vélt koncentrációfüggésének felülvizsgálatával, egy exponenciális függés feltételezésével értük el. Folyamat szimulációs szoftverek segítségével a korrigált modell alkalmas a pervaporáció folyamatának megbízható tervezésére és optimalizálására. Köszönjük a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0072, a KMR - 12-1-2012-0066 és a "SH 7/2/14 Swiss-Hungarian Joined Project" pályázatok támogatását.

Felhasznált irodalom

- BAKER R. W. (ed.) (2004): Membrane Technology and Applications. Second ed., John Wiley & Sons. Chichester.
- CSÉFALVAY E., SZITKAI Z., MIZSEY P. és FONYÓ Z. (2008): Experimental data based modelling and simulation of isopropanol dehydration by pervaporation. Desalination. 229. 94–108.
- KOCZKA K., MANCZINGER J., MIZSEY P. és FONYÓ Z. (2007): Novel hybrid separation processes based on pervaporation for THF recovery. Chem. Eng. Process. 46. 239–246.
- LIPNIZKI F., FIELD R. W. és TEN P. K. (1999): Pervaporation-based hybrid process: a review of process design, application and economics. J. Membr. Sci. 153. 183–210.
- MARRIOTT J., SORESENSEN E. (2003): A general approach to modeling membrane modules. Chem. Eng. Sci. 58. 4975–4990.
- RAUTENBACH R., HERION C. és MEYER-BLUMENTOTH U. (1990): Pervaporation membrane separation processes, In: Membrane Science and Technology Series. vol. 1. (Ed.: Huang, R.Y.M.) 181–191. Elsevier, Michigan.
- SHELDEN R. A., THOMPSON E.V. (1984): Dependence of diffusive permeation rates and selectivities on upstream and downstream pressures: IV Computer simulation of nonideal systems. J. Membr. Sci. 19. 39–49.

- TÓTH A. J., GERGELY F. és MIZSEY P. (2011): Physicochemical treatment of pharmaceutical wastewater: distillation and membrane processes. *Per. Pol. Chem. Eng.* 55(2). 59–67.
- VALENTÍNYI N., CSÉFALVAY E. és MIZSEY P. (2013): Modelling of pervaporation: parameter estimation and model development. *Chem. Eng. Res. Des.* 91(1). 174–183.
- VALENTÍNYI N., CSÉFALVAY E. és MIZSEY P. (2012): Pervaporációs modell fejlesztése izobutanol-víz elegyen végzett kísérletek alapján. *Műszaki Kémiai Napok*. pp. 54–58.
- VAN BAELEN D., VAN DER BRUGGEN B., VAN DEN DUNGEN K., DEGREVE J. és VANDECASTEELE C. (2005): Pervaporation of water-alcohol mixtures and acetic acid-water mixtures. *Chem. Eng. Sci.* 60. 1583–1590.